

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-099983

(43)Date of publication of application : 07.04.2000

(51)Int.Cl.

G11B 7/135

(21)Application number : 10-272261

(71)Applicant : SANYO ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 25.09.1998

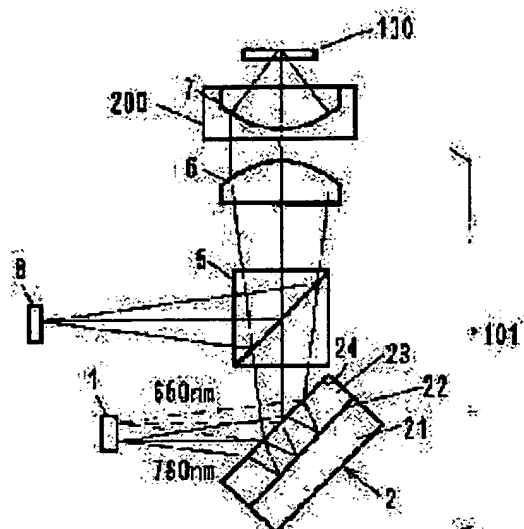
(72)Inventor : TERAGAKI YASUKO
KAJIYAMA SEIJI

(54) OPTICAL PICKUP DEVICE AND OPTICAL DISK DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical pickup device capable of recording/reproducing information in plural kinds of optical disks with light rays different in wavelength without deteriorating the characteristic of a reproducing signal and reducing cost, and to provide an optical disk device provided with the optical pickup device.

SOLUTION: A semiconductor laser element 1 is provided with a laser diode chip for emitting a laser beam of 650 nm wavelength, and a laser diode chip for emitting a laser beam of 780 nm wavelength. A parallel flat plate 2 includes a first wavelength selecting film 24 for reflecting the laser beam of 650 nm wavelength and transmitting the laser beam of 780 nm wavelength, a substrate 23 for transmitting a light, and a second wavelength selecting film 22 for reflecting the laser beam of 780 nm wavelength in this order. By adjusting the thickness of the substrate 23 and the incident angle of the laser beam, the optical path of the laser beam of 650 nm wavelength is matched with that of the laser beam of 780 nm wavelength.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 07.10.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 09.04.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-99983

(P2000-99983A)

(43) 公開日 平成12年4月7日 (2000.4.7)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テマコード* (参考)

G 1 1 B 7/135

G 1 1 B 7/135

Z 5 D 1 1 9

審査請求 有 請求項の数10 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平10-272261

(22) 出願日 平成10年9月25日 (1998.9.25)

(71) 出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

(72) 発明者 寺垣 靖子

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
洋電機株式会社内

(72) 発明者 梶山 清治

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
洋電機株式会社内

(74) 代理人 100098305

弁理士 福島 祥人

Fターム (参考) 5D119 AA40 AA41 BA01 BB01 BB04

BB05 EC14 EC47 FA08 JA26

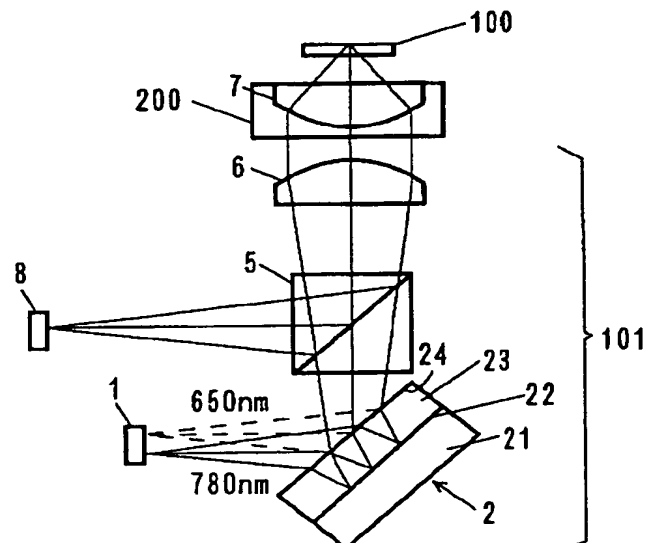
JA44 KA12

(54) 【発明の名称】 光ピックアップ装置および光ディスク装置

(57) 【要約】

【課題】 再生信号の特性を劣化させることなく異なる波長の光で複数種類の光ディスクに情報の記録または再生を行うことができ、かつ低コスト化が可能な光ピックアップ装置およびそれを備えた光ディスク装置を提供することである。

【解決手段】 半導体レーザ素子1は、波長650nmのレーザ光を出射するレーザダイオードチップ11および波長780nmのレーザ光を出射するレーザダイオードチップ12を備える。平行平板2は、波長650nmの光を反射しかつ波長780nmの光を透過する第1波長選択膜24、光を透過する基板23および波長780nmの光を反射する第2波長選択膜22を順に含む。基板23の厚みおよびレーザ光の入射角を調整することにより、波長650nmのレーザ光の光路と波長780nmのレーザ光の光路とを一致させることが可能となる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光ディスクに光を照射するとともに前記光ディスクからの帰還光を受光する光ピックアップ装置であって、

異なる波長を有する複数の光を出射する複数の光源と、前記複数の光源の各々から出射された光を反射する平行平板とを備え、

前記平行平板は、前記複数の光のうちそれぞれ異なる波長の 1 つの光を反射して残りの波長の光を透過する複数の波長選択膜を光透過膜を介して表面側から順に含み、前記複数の波長選択膜によりそれぞれ反射されて表面側から出射される前記複数の光の光路が一致するように配設されたことを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項 2】 光ディスクに光を照射するとともに前記光ディスクからの帰還光を受光する光ピックアップ装置であって、

第 1 の波長の光を出射する第 1 の光源と、

第 2 の波長の光を出射する第 2 の光源と、

前記第 1 および第 2 の光源の各々から出射された光を反射する平行平板とを備え、

前記平行平板は、

前記第 1 の波長の光を反射するとともに前記第 2 の波長の光を透過する第 1 の波長選択膜と、

前記第 2 の波長の光を透過する光透過膜と、

前記第 2 の波長の光を反射する第 2 の波長選択膜とを表面側から順に含み、

前記第 1 の波長選択膜により反射された前記第 1 の波長の光および前記第 2 の波長選択膜により反射されて表面側から出射される前記第 2 の波長の光の光路が一致するように配設されたことを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項 3】 光を検出する光検出器と、

前記平行平板により反射された光を前記光ディスクに導くとともに前記光ディスクからの帰還光を前記光検出器に導く光学素子とをさらに備えたことを特徴とする請求項 2 記載の光ピックアップ装置。

【請求項 4】 光ディスクに光を照射するとともに前記光ディスクからの帰還光を受光する光ピックアップ装置であって、

第 1 の波長の光を出射する第 1 の光源と、

第 2 の波長の光を出射する第 2 の光源と、

前記第 1 および第 2 の光源の各々から出射された光を反射する平行平板とを備え、

前記平行平板は、

前記第 1 の波長の光の一部を反射するとともに前記第 2 の波長の光を透過する第 1 の波長選択膜と、

前記第 1 および第 2 の波長の光を透過する光透過膜と、

前記第 1 の波長の光を透過するとともに前記第 2 の波長の光の一部を反射する第 2 の波長選択膜とを表面側から順に含み、

2

前記第 1 の波長選択膜により反射された前記第 1 の波長の光および前記第 2 の波長選択膜により反射されて表面側から出射される前記第 2 の波長の光の光路が一致するように配設されたことを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項 5】 光を検出する光検出器と、

前記平行平板により反射された光を前記光ディスクに導くとともに前記光ディスクからの帰還光を前記平行平板に導く光学素子とをさらに備え、

10 前記光検出器は、前記平行平板を透過した前記第 1 の波長の帰還光および前記第 2 の波長の帰還光を受光するように配設されたことを特徴とする請求項 4 記載の光ピックアップ装置。

【請求項 6】 光ディスクに光を照射するとともに前記光ディスクからの帰還光を受光する光ピックアップ装置であって、

第 1 の波長の光を出射する第 1 の光源と、

第 2 の波長の光を出射する第 2 の光源と、

第 3 の波長の光を出射する第 3 の光源と、

20 前記第 1、第 2 および第 3 の光源の各々から出射された光を反射する平行平板とを備え、

前記平行平板は、

前記第 1 の波長の光を反射するとともに前記第 2 および第 3 の波長の光を透過する第 1 の波長選択膜と、

前記第 2 および第 3 の波長の光を透過する第 1 の光透過膜と、

前記第 2 の波長の光を反射するとともに前記第 3 の波長の光を透過する第 2 の波長選択膜と、

前記第 3 の波長の光を透過する第 2 の光透過膜と、

30 前記第 3 の波長の光を反射する第 3 の波長選択膜とを表面側から順に含み、

前記第 1 の波長選択膜により反射された前記第 1 の波長の光、前記第 2 の波長選択膜により反射されて表面側から出射される前記第 2 の波長の光および前記第 3 の波長選択膜により反射されて表面側から出射される前記第 3 の波長の光の光路が一致するように配設されたことを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項 7】 光を検出する光検出器と、

前記平行平板により反射された光を前記光ディスクに導くとともに前記光ディスクからの帰還光を前記光検出器に導く光学素子とをさらに備えたことを特徴とする請求項 6 記載の光ピックアップ装置。

【請求項 8】 請求項 1～7 のいずれかに記載の光ピックアップ装置と、

前記光ピックアップ装置からの光を光ディスクに照射するとともに前記光ディスクからの帰還光を前記光ピックアップ装置に導く対物レンズを有する光学ヘッドとを備えたことを特徴とする光ディスク装置。

【請求項 9】 前記光学ヘッドは、前記対物レンズを透過した光を集光して近接場の光を前記光ディスクに照射

50

3

するソリッドイマージョンレンズをさらに備えたことを特徴とする請求項8記載の光ディスク装置。

【請求項10】 前記ソリッドイマージョンレンズは、部分球面状の入射面と中央部に所定の径の平面状の出射面を含む下面とを有し、前記出射面の周囲の下面がその出射面と異なる面で形成されたことを特徴とする請求項9記載の光ディスク装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、異なる波長の複数の光で光ディスクに情報の記録および再生を行うことができる光ピックアップ装置およびそれを備えた光ディスク装置に関する。

【0002】

【従来の技術】光学記録媒体として、DVD（デジタルビデオディスク）、CD-R（書き込み可能なコンパクトディスク）、AS（Advanced Storage）—光磁気ディスク等の種々の光ディスクが開発されている。DVDにおいては、波長650nmのレーザ光により情報の記録または再生が行われる。一方、CD-Rにおいては、波長780nmのレーザ光により情報の記録または再生が行われる。このような複数種類の光ディスクに対して情報の記録または再生を行う光ディスク装置が提案されている。

【0003】図20は異なる波長のレーザ光により情報の記録または再生が行われる2種類の光ディスクに対して互換性を有する従来の光ディスク装置の概略構成を示す模式図である。また、図21は図20の光ディスク装置における半導体レーザ素子の側面図、図22は図20の光ディスク装置におけるウォラストンプリズムおよび光検出器を示す図である。

【0004】図20の光ディスク装置は、半導体レーザ素子1、コリメータレンズ6、対物レンズ7、光検出器8、平行平板9およびウォラストンプリズム10を備える。図21に示すように、半導体レーザ素子1は、波長650nmのレーザ光を出射するレーザダイオードチップ11および波長780nmのレーザ光を出射するレーザダイオードチップ12を含む。レーザダイオードチップ11のレーザ光の出射位置とレーザダイオードチップ12のレーザ光の出射位置との距離dは約110μmである。

【0005】図20において、半導体レーザ素子1から出射されたレーザ光は、平行平板9により反射され、コリメータレンズ6により平行光に変換され、対物レンズ7により光ディスク100に集光される。光ディスク100からの帰還光（反射光）は、対物レンズ7およびコリメータレンズ6を透過し、さらに平行平板9およびウォラストンプリズム10を透過して光検出器8に入射する。それにより、光ディスク100に記録された情報が検出される。

4

【0006】図22に示すように、波長650nmのレーザ光101と波長780nmのレーザ光102とは互いに偏光方向が異なるように設定される。図22において、黒丸印は、偏光方向が紙面に対して垂直であることを示し、矢印は偏光方向が紙面に対して平行であることを示している。

【0007】図21に示したように、レーザダイオードチップ11のレーザ光の出射位置とレーザダイオードチップ12のレーザ光の出射位置とが約110μm離れているため、レーザ光101の光路とレーザ光102の光路とは約110μm離れている。

【0008】光検出器8は4分割センサ81を有する。レーザ光101はウォラストンプリズム10中を直進し、光検出器8の4分割センサ81の中央部に光スポット201を形成する。レーザ光102は、ウォラストンプリズム10により屈折され、光検出器8の4分割センサ81の中央部に光スポット201を形成する。

【0009】このように、従来の光ディスク装置においては、ウォラストンプリズム10を用いることにより波長の異なる2つのレーザ光101、102を光検出器8の4分割センサ81に入射させることができる。

【0010】なお、ウォラストンプリズム10を設けない場合には、レーザ光102は、点線で示すように、光検出器8の4分割センサ81から外れた位置に光スポットを形成する。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】上記の従来の光ディスク装置では、波長の異なる2つのレーザ光101、102を共通の光検出器8により受光するために、ウォラストンプリズム10が必要となる。それにより、部品コストが高くなる。

【0012】また、半導体レーザ素子1の2つのレーザダイオードチップ11、12の光軸が互いに離れているため、両方のレーザダイオードチップ11、12から出射される2つのレーザ光の光路をコリメータレンズ6および対物レンズ7の光軸と正確に一致させることができない。すなわち、2つのレーザダイオードチップ11、12のうち一方から出射されるレーザ光の光路をコリメータレンズ6および対物レンズ7の光軸と一致させると、他方から出射されるレーザ光の光路がコリメータレンズ6および対物レンズ7の光軸からずれる。それにより、波面収差が発生し、再生信号の特性が劣化する。

【0013】本発明の目的は、再生信号の特性を劣化させることなく異なる波長の光で複数種類の光ディスクに情報の記録または再生を行うことができ、かつ低コスト化が可能な光ピックアップ装置およびそれを備えた光ディスク装置を提供することである。

【0014】

【課題を解決するための手段および発明の効果】第1の発明に係る光ピックアップ装置は、光ディスクに光を照

5

射するとともに光ディスクからの帰還光を受光する光ピックアップ装置であって、異なる波長を有する複数の光を出射する複数の光源と、複数の光源の各々から出射された光を反射する平行平板とを備え、平行平板は、複数の光のうちそれぞれ異なる波長の1つの光を反射して残りの波長の光を透過する複数の波長選択膜を光透過膜を介して表面側から順に含み、複数の波長選択膜によりそれぞれ反射されて表面側から出射される複数の光の光路が一致するように配設されたものである。

【0015】本発明に係る光ピックアップ装置においては、複数の光源から異なる波長を有する複数の光が出射される。複数の光源の各々から出射された光は平行平板の複数の波長選択膜の1つで反射される。

【0016】この場合、複数の波長選択膜によりそれぞれ反射されて表面側から出射される複数の光の光路が一致するように平行平板が配設されている。それにより、波長の異なる複数の光の光路を光学系の光軸と一致させることが可能となる。その結果、再生信号の特性を劣化させることなく異なる波長の光で複数種類の光ディスクに情報の記録または再生を行うことができる。

【0017】また、光ディスクからの異なる波長の複数の帰還光を特別な光学素子を設けることなく共通の光検出器により受光することができる。したがって、低コスト化を図ることが可能となる。

【0018】第2の発明に係る光ピックアップ装置は、光ディスクに光を照射するとともに光ディスクからの帰還光を受光する光ピックアップ装置であって、第1の波長の光を出射する第1の光源と、第2の波長の光を出射する第2の光源と、第1および第2の光源の各々から出射された光を反射する平行平板とを備え、平行平板は、第1の波長の光を反射するとともに第2の波長の光を透過する第1の波長選択膜と、第2の波長の光を透過する光透過膜と、第2の波長の光を反射する第2の波長選択膜とを表面側から順に含み、第1の波長選択膜により反射された第1の波長の光および第2の波長選択膜により反射されて表面側から出射される第2の波長の光の光路が一致するように配設されたものである。

【0019】本発明に係る光ピックアップ装置においては、第1の光源から第1の波長の光が出射され、第2の光源から第2の波長の光が出射される。第1の光源から出射された第1の波長の光は、平行平板の第1の波長選択膜により反射される。第2の光源から出射された第2の波長の光は、平行平板の第1の波長選択膜および光透過膜を透過し、第2の波長選択膜により反射され、光透過膜および第1の波長選択膜を再び透過して表面側から出射される。

【0020】この場合、第1の波長選択膜により反射された第1の波長の光および第2の波長選択膜により反射されて表面側から出射される第2の波長の光の光路が一致するように平行平板が配置されている。それにより、

6

第1の波長の光および第2の波長の光の光路を光学系の光軸に一致させることが可能となる。その結果、再生信号の特性を劣化させることなく異なる波長の光で複数種類の光ディスクに情報の記録または再生を行うことができる。

【0021】また、光ディスクからの第1の波長の帰還光および第2の帰還光を特別な光学素子を設けることなく共通の光検出器により受光することができる。したがって、低コスト化を図ることが可能となる。

【0022】第3の発明に係る光ピックアップ装置は、第2の発明に係る光ピックアップ装置の構成において、光を検出する光検出器と、平行平板により反射された光を光ディスクに導くとともに光ディスクからの帰還光を光検出器に導く光学素子とをさらに備えたものである。

【0023】平行平板により反射された光は、光学素子により光ディスクに導かれ、光ディスクからの帰還光は、光学素子により光検出器に導かれる。この場合、平行平板により反射される第1の波長の光および第2の波長の光の光路を光学素子の光軸に一致させることができ、かつ光ディスクからの第1の波長の帰還光および第2の波長の帰還光の光路を光学素子の光軸に一致させることができる。また、第1の波長の帰還光および第2の波長の帰還光を光検出器の同一点に入射させることができる。したがって、再生信号の特性が向上する。

【0024】第4の発明に係る光ピックアップ装置は、光ディスクに光を照射するとともに光ディスクからの帰還光を受光する光ピックアップ装置であって、第1の波長の光を出射する第1の光源と、第2の波長の光を出射する第2の光源と、第1および第2の光源の各々から出射された光を反射する平行平板とを備え、平行平板は、第1の波長の光の一部を反射するとともに第2の波長の光を透過する第1の波長選択膜と、第1および第2の波長の光を透過する光透過膜と、第1の波長の光を透過するとともに第2の波長の光の一部を反射する第2の波長選択膜とを表面側から順に含み、第1の波長選択膜により反射された第1の波長の光および第2の波長選択膜により反射されて表面側から出射される第2の波長の光の光路が一致するように配設されたものである。

【0025】本発明に係る光ピックアップ装置においては、第1の光源から第1の波長の光が出射され、第2の光源から第2の波長の光が出射される。第1の光源から出射された第1の波長の光の一部は、平行平板の第1の波長選択膜により反射される。第2の光源から出射された第2の波長の光は、平行平板の第1の波長選択膜および光透過膜を透過する。その第2の波長の光の一部は、第2の波長選択膜により反射され、光透過膜および第1の波長選択膜を再び透過して表面側から出射される。

【0026】この場合、第1の波長選択膜により反射された第1の波長の光および第2の波長選択膜により反射されて表面側から出射される第2の波長の光の光路が一

7

致するように平行平板が配設されている。それにより、第1の波長の光および第2の波長の光の光路を光学系の光軸に一致させることが可能となる。その結果、再生信号の特性を劣化させることなく異なる波長の光で複数種類の光ディスクに情報の記録または再生を行うことができる。

【0027】また、光ディスクからの第1の波長の帰還光および第2の波長の帰還光を特別な光学素子を設けることなく共通の光検出器により受光することができる。したがって、低コスト化を図ることが可能となる。

【0028】第5の発明に係る光ピックアップ装置は、第4の発明に係る光ピックアップ装置の構成において、光を検出する光検出器と、平行平板により反射された光を光ディスクに導くとともに光ディスクからの帰還光を平行平板に導く光学素子とをさらに備え、光検出器は、平行平板を透過した第1の波長の帰還光および第2の波長の帰還光を受光するように配設されたものである。

【0029】平行平板により反射された光は、光学素子により光ディスクに導かれる。光ディスクからの第1の波長の帰還光の一部は、平行平板の第1の波長選択膜を透過し、さらに光透過膜および第2の波長選択膜を透過して光検出器に導かれる。また、光ディスクからの第2の波長の帰還光は、平行平板の第1の波長選択膜および光透過膜を透過する。そして、その第2の波長の帰還光の一部は、第2の波長選択膜を透過し、光検出器に導かれる。

【0030】この場合、平行平板により反射される第1の波長の光および第2の波長の光の光路を光学素子の光軸に一致させることができ、かつ光ディスクからの第1の波長の帰還光および第2の波長の帰還光の光路を光学素子の光軸に一致させることができる。また、第1の波長の帰還光および第2の波長の帰還光を光検出器の同一点に入射させることができる。したがって、再生信号の特性が向上する。

【0031】第6の発明に係る光ピックアップ装置は、光ディスクに光を照射するとともに光ディスクからの帰還光を受光する光ピックアップ装置であって、第1の波長の光を出射する第1の光源と、第2の波長の光を出射する第2の光源と、第3の波長の光を出射する第3の光源と、第1、第2および第3の光源の各々から出射された光を反射する平行平板とを備え、平行平板は、第1の波長の光を反射するとともに第2および第3の波長の光を透過する第1の波長選択膜と、第2および第3の波長の光を透過する第1の光透過膜と、第2の波長の光を反射するとともに第3の波長の光を透過する第2の波長選択膜と、第3の波長の光を透過する第2の光透過膜と、第3の波長の光を反射する第3の波長選択膜とを表面側から順に含み、第1の波長選択膜により反射された第1の波長の光、第2の波長選択膜により反射されて表面側から出射される第2の波長の光および第3の波長選択膜

8

により反射されて表面側から出射される第3の波長の光の光路が一致するように配設されたものである。

【0032】本発明に係る光ピックアップ装置においては、第1の光源から第1の波長の光が出射され、第2の光源から第2の波長の光が出射され、第3の光源から第3の波長の光が出射される。第1の光源から出射された第1の波長の光は、平行平板の第1の波長選択膜により反射される。第2の光源から出射された第2の波長の光は、平行平板の第1の波長選択膜および第1の光透過膜を透過し、第2の波長選択膜により反射され、第1の光透過膜および第1の波長選択膜を再び透過して表面側から出射される。第3の光源から出射された第3の波長の光は、平行平板の第1の波長選択膜、第1の光透過膜、第2の波長選択膜および第2の光透過膜を透過し、第3の波長選択膜により反射され、第2の光透過膜、第2の波長選択膜、第1の光透過膜および第1の波長選択膜を再び透過して表面側から出射される。

【0033】この場合、第1の波長選択膜により反射された第1の波長の光、第2の波長選択膜により反射されて表面側から出射される第2の波長の光および第3の波長選択膜により反射されて表面側から出射される第3の波長の光の光路が一致するように平行平板が配設されている。それにより、第1の波長の光、第2の波長の光および第3の波長の光の光路を光学系の光軸に一致させることが可能となる。その結果、再生信号の特性を劣化させることなく異なる波長の光で複数種類の光ディスクに情報の記録または再生を行うことができる。

【0034】また、光ディスクからの第1の波長の帰還光、第2の波長の帰還光および第3の波長の帰還光を特別な光学素子を設けることなく光検出器により受光することができる。したがって、低コスト化を図ることが可能となる。

【0035】第7の発明に係る光ピックアップ装置は、第6の発明に係る光ピックアップ装置の構成において、光を検出する光検出器と、平行平板により反射された光を光ディスクに導くとともに光ディスクからの帰還光を光検出器に導く光学素子とをさらに備えたものである。

【0036】平行平板により反射された光は、光学素子により光ディスクに導かれ、光ディスクからの帰還光は、光学素子により光検出器に導かれる。この場合、平行平板により反射される第1の波長の光、第2の波長の光および第3の波長の光の光路を光学素子の光軸と一致させることができ、かつ光ディスクからの第1の波長の帰還光、第2の波長の帰還光および第3の波長の帰還光の光路を光学素子の光軸に一致させることができる。また、第1の波長の帰還光、第2の波長の帰還光および第3の波長の帰還光を光検出器の同一点に入射させることができる。したがって、再生信号の特性が向上する。

【0037】第8の発明に係る光ディスク装置は、第1～第7のいずれかの発明に係る光ピックアップ装置と、

9

光ピックアップ装置からの光を光ディスクに照射するとともに光ディスクからの帰還光を光ピックアップ装置に導く対物レンズを有する光学ヘッドとを備えたものである。

【0038】本発明に係る光ディスク装置においては、第1～第7のいずれかの発明に係る光ピックアップ装置からの光が光学ヘッドの対物レンズにより光ディスクに照射されるとともに、光ディスクからの帰還光が光学ヘッドの対物レンズを通して光ピックアップ装置に導かれる。

【0039】この場合、光ピックアップ装置から光学ヘッドの対物レンズに導かれる異なる波長の複数の光の光路を対物レンズの光軸に一致させることができ、かつ光ディスクからの異なる波長の複数の帰還光の光路を対物レンズの光軸に一致させることができる。したがって、再生信号の特性を劣化させることなく異なる波長の光で複数種類の光ディスクに情報の記録または再生を行うことができる。

【0040】また、光ピックアップ装置において特別な光学素子を設けることなく異なる波長の複数の帰還光を共通の光検出器により受光することができる。したがって、低コスト化を図ることが可能となる。

【0041】第9の発明に係る光ディスク装置は、第8の発明に係る光ディスク装置の構成において、光学ヘッドは、対物レンズを透過した光を集光して近接場の光を光ディスクに照射するソリッドイマージョンレンズをさらに備えたものである。

【0042】この場合、光学ヘッドのソリッドイマージョンレンズによりビームスポット径がより小さく絞られるので、光ディスクの面記録密度が大きくなる。

【0043】第10の発明に係る光ディスク装置は、第9の発明に係る光ディスク装置の構成において、ソリッドイマージョンレンズは、部分球面状の入射面と中央部に所定の径の平面状の出射面を含む下面とを有し、出射面の周囲の下面がその出射面と異なる面で形成されたものである。

【0044】この場合、ソリッドイマージョンレンズの出射面の周囲の下面がその出射面と異なる面で形成されているので、ソリッドイマージョンレンズの光軸合わせが容易になる。

【0045】

【発明の実施の形態】図1は本発明の第1の実施例における光ディスク装置の概略構成を示す模式図である。また、図2は図1の光ディスク装置における主として平行平板の詳細な構成を示す模式図である。

【0046】図1において、光ディスク装置は、光ピックアップ装置101および光学ヘッド200を備える。光学ヘッド200は対物レンズ7を備える。光ピックアップ装置101は、半導体レーザ素子1、平行平板2、ビームスプリッタ5、コリメータレンズ6および光検出

10

器8を含む。なお、光検出器8の構成は、図22に示した構成と同様である。

【0047】図2に示すように、半導体レーザ素子1は、波長650nmのレーザ光を出射するレーザダイオードチップ11および波長780nmのレーザ光を出射するレーザダイオードチップ12を備える。半導体レーザ素子1の構成は、図21に示した半導体レーザ素子1の構成と同様である。

【0048】平行平板2は、ガラスからなる基板（光透過膜）21、第2波長選択膜22、ガラスからなる基板（光透過膜）23および第1波長選択膜24の積層構造を有する。図中、Rは反射を意味し、Tは透過を意味する。第1波長選択膜24は、波長650nmの光を反射し、波長780nmの光を透過する。第2波長選択膜22は、波長780nmの光を反射する。

【0049】したがって、レーザダイオードチップ11から出射された波長650nmのレーザ光は、第1波長選択膜24で反射される。レーザダイオードチップ12から出射された波長780nmのレーザ光は、第1波長選択膜24および基板23を透過し、第2波長選択膜22で反射され、基板23および第1波長選択膜24を再び透過する。

【0050】図1において、半導体レーザ素子1から出射された波長650nmのレーザ光は、平行平板2の第1波長選択膜24で反射され、ビームスプリッタ5に入射する。そのレーザ光は、ビームスプリッタ5を透過し、コリメータレンズ6により平行光に変換され、対物レンズ7により光ディスク100に集光される。光ディスク100からの波長650nmの帰還光（反射光）は、対物レンズ7およびコリメータレンズ6を透過し、ビームスプリッタ5により反射され、光検出器8に入射する。

【0051】半導体レーザ素子1から出射された波長780nmのレーザ光は、平行平板2の第1波長選択膜24で屈折し、基板23を透過して第2波長選択膜22で反射され、基板23を再び透過し、第1波長選択膜24で屈折し、ビームスプリッタ5に入射する。そのレーザ光は、ビームスプリッタ5を透過し、コリメータレンズ6により平行光に変換され、対物レンズ7により光ディスク100に集光される。光ディスク100からの波長780nmの帰還光（反射光）は、対物レンズ7およびコリメータレンズ6を透過し、ビームスプリッタ5により反射され、光検出器8に入射する。

【0052】本実施例の光ディスク装置においては、波長650nmのレーザ光は平行平板2の第1波長選択膜24で反射されるのに対し、波長780nmのレーザ光は平行平板2の基板23を透過して第2波長選択膜22で反射され、再び基板23を透過して出射されるので、基板23の厚みおよび平行平板2へのレーザ光の入射角を調整することにより、波長650nmのレーザ光の光

路と波長780nmのレーザ光の光路とを一致させることが可能となる。それにより、波長650nmのレーザ光の光路および波長780nmのレーザ光の光路をコリメータレンズ6および対物レンズ7の光軸と一致させることができる。その結果、光検出器8により検出される再生信号の特性が向上する。

【0053】また、光検出器8の4分割センサに波長650nmのレーザ光および波長780nmのレーザ光の光スポットを形成するために、ウォラストンプリズムを設ける必要がないので、低コスト化を図ることができる。

【0054】図3は図1および図2の平行平板2における第1波長選択膜24の構成の一例を示す模式的断面図である。また、図4は図3の第1波長選択膜24の反射率の波長依存性を示す図である。

【0055】図3に示すように、第1波長選択膜24は、4層のTiO₂膜24aおよび3層のMgF₂膜24bが交互に積層されてなる。ここでは、第1波長選択膜24への光の入射角を30°とする。各TiO₂膜24aの屈折率nは2.7であり、厚みは52nmである。また、各MgF₂膜24bの屈折率nは1.38であり、厚みは101nmである。なお、基板23の屈折率nは1.5であり、厚みは180μmである。

【0056】図4に示すように、図3の第1波長選択膜24においては、波長650nmで反射率が約1.0となり、波長780nmで反射率が約0.1となっている。したがって、第1波長選択膜24は、波長650nmの光を反射し、波長780nmの光を透過することができる。

【0057】図5は波長780nmのレーザ光が平行平板を透過するために発生する波面収差のシミュレーション結果を示す図である。図5において、横軸は、標準位置を0としたときのレーザダイオードの位置であり、縦軸は波面収差のRMS（実効値）である。

【0058】図5に示すように、レーザダイオードの位置が基準位置から±0.2mmずれた場合でも、波面収差のRMSは約0.07λと小さくなっている。なお、λはレーザ光の波長780nmである。

【0059】図6は本発明の第2の実施例における光ディスク装置の概略構成を示す模式図である。また、図7は図6の光ディスク装置における主として平行平板の構成を示す模式図である。

【0060】図6において、光ディスク装置は、光ピックアップ装置102および光学ヘッド200を備える。光学ヘッド200は対物レンズ7を備える。光ピックアップ装置102は、半導体レーザ素子1、平行平板3、コリメータレンズ6および光検出器8を含む。

【0061】図7に示すように、平行平板3は、ガラスからなる基板（光透過膜）31、第2波長選択膜32、ガラスからなる基板（光透過膜）33および第1波長選

択膜34の積層構造を有する。第1波長選択膜34は、波長650nmの光に対して50%の反射率を有し、波長780nmの光を透過する。第2波長選択膜32は、波長650nmの光を透過し、波長780nmの光に対して50%の反射率を有する。

【0062】したがって、レーザダイオードチップ11から出射された波長650nmのレーザ光の50%は、第1波長選択膜34で反射され、残りのレーザ光は、第1波長選択膜34、基板33、第2波長選択膜32および基板31を透過する。レーザダイオードチップ12から出射された波長780nmのレーザ光は、第1波長選択膜34および基板33を透過する。波長780nmのレーザ光の50%は、第2波長選択膜32で反射され、基板33および第1波長選択膜34を再び透過し、残りのレーザ光は、第2波長選択膜32および基板31を透過する。

【0063】図6において、半導体レーザ素子1から出射された波長650nmのレーザ光の50%は、平行平板3の第1波長選択膜34で反射され、コリメータレンズ6に入射する。そのレーザ光は、コリメータレンズ6により平行光に変換され、対物レンズ7により光ディスク100に集光される。光ディスク100からの波長650nmの帰還光（反射光）は、対物レンズ7およびコリメータレンズ6を透過する。その帰還光の50%は、平行平板3の第1波長選択膜34で屈折し、基板33、第2波長選択膜32および基板31を透過し、光検出器8に入射する。

【0064】半導体レーザ素子1から出射された波長780nmのレーザ光は、平行平板3の第1波長選択膜34で屈折し、基板33を透過して第2波長選択膜32で反射され、基板33を再び透過し、第1波長選択膜34で屈折し、コリメータレンズ6に入射する。そのレーザ光は、コリメータレンズ6により平行光に変換され、対物レンズ7により光ディスク100に集光される。光ディスク100からの波長780nmの帰還光（反射光）は、対物レンズ7およびコリメータレンズ6を透過する。その帰還光は、平行平板3の第1波長選択膜34で屈折し、基板33を透過する。さらに、その帰還光の50%は、第2波長選択膜32および基板31を透過し、光検出器8に入射する。

【0065】本実施例の光ディスク装置においては、波長650nmのレーザ光は平行平板3の第1波長選択膜34で反射されるのに対し、波長780nmのレーザ光は平行平板3の基板33を透過して第2波長選択膜32で反射され、再び基板33を透過して出射されるので、基板33の厚みおよびレーザ光の入射角を調整することにより、波長650nmのレーザ光の光路と波長780nmのレーザ光の光路とを一致させることが可能となる。それにより、波長650nmのレーザ光の光路および波長780nmのレーザ光の光路をコリメータレンズ

13

6および対物レンズ7の光軸と一致させることができる。その結果、光検出器8により検出される再生信号の特性が向上する。

【0066】また、光検出器8の4分割センサに波長650nmのレーザ光および波長780nmのレーザ光の光スポットを形成するために、ウォラストンプリズムを設ける必要がないので、低コスト化を図ることができる。

【0067】図8は図6および図7の平行平板3における第1波長選択膜34の構成の一例を示す模式的断面図である。また、図9は図8の第1波長選択膜34の反射率の波長依存性を示す図である。

【0068】図8に示すように、第1波長選択膜34は、5層のTiO₂膜34aおよび4層のMgF₂膜34bが交互に積層されてなる。ここでは、第1波長選択膜34への光の入射角を30°とする。各TiO₂膜34aの屈折率nは2.7であり、厚みは41nmである。また、各MgF₂膜34bの屈折率nは1.38であり、厚みは80nmである。なお、基板33の屈折率nは1.5であり、厚みは180μmである。

【0069】図9に示すように、図8の第1波長選択膜34においては、波長650nmで反射率が約0.5となり、波長780nmで反射率が約0.1となっている。したがって、第1波長選択膜34は、波長650nmの光の約半分を反射し、波長780nmの光を透過することができる。

【0070】図10は図6および図7の平行平板3における第2波長選択膜32の構成の一例を示す模式的断面図である。また、図11は図10の第2波長選択膜32の反射率の波長依存性を示す図である。

【0071】図10に示すように、第2波長選択膜32は、4層のMgF₂膜32aおよび4層のSb₂S₃膜32bが交互に積層されてなる。ここで、第2波長選択膜32への光の入射角を20°とする。各MgF₂膜の屈折率nは1.38であり、厚みは80nmである。また、各Sb₂S₃膜32bの屈折率nは3.0であり、厚みは37nmである。なお、基板31の屈折率nは1.5であり、厚みは1mmである。

【0072】図11に示すように、図10の第2波長選択膜32においては、波長650nmで反射率が約0.1となり、波長780nmで反射率が約0.4となっている。したがって、第2波長選択膜32は、波長650nmの光を透過し、波長780nmの光の約半分を反射することができる。

【0073】図12は本発明の第3の実施例における光ディスク装置の概略構成を示す模式図である。また、図13は図12の光ディスク装置における主として平行平板の構成を示す模式図である。

【0074】図12において、光ディスク装置は、光ピックアップ装置103および光学ヘッド200を備え

14

る。光学ヘッド200は対物レンズ7を備える。光ピックアップ103は、半導体レーザ素子1a、平行平板4、ビームスプリッタ5、コリメータレンズ6および光検出器8を含む。

【0075】図13に示すように、半導体レーザ素子1aは、波長650nmのレーザ光を出射するレーザダイオードチップ11、波長780nmのレーザ光を出射するレーザダイオードチップ12および波長410nmのレーザ光を出射するレーザダイオードチップ13を含む。

【0076】平行平板4は、第3波長選択膜45、ガラスからなる基板（光透過膜）41、第2波長選択膜42、ガラスからなる基板（光透過膜）43および第1波長選択膜44の積層構造を有する。第1波長選択膜44は、波長410nmの光を反射し、波長650nmの光を透過し、波長780nmの光を透過する。第2波長選択膜42は、波長650nmの光を反射し、波長780nmの光を透過する。第3波長選択膜45は、波長780nmの光を反射する。

【0077】したがって、レーザダイオードチップ13から出射された波長410nmのレーザ光は、第1波長選択膜44で反射される。レーザダイオードチップ11から出射された波長650nmのレーザ光は、第1波長選択膜44および基板43を透過し、第2波長選択膜42で反射され、基板43および第1波長選択膜44を再び透過する。レーザダイオードチップ12から出射された波長780nmのレーザ光は、第1波長選択膜44、基板43、第2波長選択膜42および基板41を透過し、第3波長選択膜45で反射され、基板41、第2波長選択膜42、基板43および第1波長選択膜44を再び透過する。

【0078】図12において、半導体レーザ素子1aから出射された波長410nmのレーザ光は、平行平板4の第1波長選択膜44で反射され、ビームスプリッタ5に入射する。そのレーザ光は、ビームスプリッタ5を透過し、コリメータレンズ6により平行光に変換され、対物レンズ7により光ディスク100に集光される。光ディスク100からの波長410nmの帰還光（反射光）は、対物レンズ7およびコリメータレンズ6を透過し、ビームスプリッタ5により反射され、光検出器8に入射する。

【0079】半導体レーザ素子1aから出射された波長650nmのレーザ光は、平行平板4の第1波長選択膜44で屈折し、基板43を透過し、第2波長選択膜42で反射され、基板43を再び透過し、第1波長選択膜44で屈折し、ビームスプリッタ5に入射する。そのレーザ光は、ビームスプリッタ5を透過し、コリメータレンズ6により平行光に変換され、対物レンズ7により光ディスク100に集光される。光ディスク100からの波長650nmの帰還光（反射光）は、対物レンズ7およ

15

びコリメータレンズ6を透過し、ビームスプリッタ5により反射され、光検出器8に入射する。

【0080】半導体レーザー素子1aから出射された波長780nmのレーザー光は、平行平板4の第1波長選択膜44で屈折し、基板43、第2波長選択膜42および基板41を透過し、第3波長選択膜45で反射され、基板41、第2波長選択膜42および基板43を再び透過し、第1波長選択膜44で屈折し、ビームスプリッタ5に入射する。そのレーザー光は、ビームスプリッタ5を透過し、コリメータレンズ6により平行光に変換され、対物レンズ7により光ディスク100に集光される。光ディスク100からの波長780nmの帰還光（反射光）は、対物レンズ7およびコリメータレンズ6を透過し、ビームスプリッタ5により反射され、光検出器8に入射する。

【0081】本実施例の光ディスク装置においては、波長410nmのレーザー光は平行平板4の第1波長選択膜44で反射されるのに対し、波長650nmのレーザー光は平行平板4の基板43を透過して第2波長選択膜42で反射され、再び基板43を透過して出射される。また、波長780nmのレーザー光は平行平板4の基板43および基板41を透過して第3波長選択膜45で反射され、再び基板41および基板43を透過して出射される。そのため、基板43および基板41の厚みおよび平行平板4へのレーザー光の入射角を調整することにより、波長410nmのレーザー光の光路、波長650nmのレーザー光の光路および波長780nmのレーザー光の光路を一致させることが可能となる。それにより、波長410nmのレーザー光の光路、波長650nmのレーザー光の光路および波長780nmのレーザー光の光路をコリメータレンズ6および対物レンズ7の光軸と一致させることができる。その結果、光検出器8により得られる再生信号の特性が向上する。

【0082】また、光検出器8の4分割センサに波長410nmのレーザー光、波長650nmのレーザー光および波長780nmのレーザー光の光スポットを形成するために、ウォラストンプリズムを設ける必要がないので、低コスト化を図ることができる。

【0083】図14は図12および図13の平行平板4における第1波長選択膜44の構成の一例を示す模式的断面図である。また、図15は図14の第1波長選択膜44の反射率の波長依存性を示す図である。

【0084】図14に示すように、第1波長選択膜44は、4層のTiO₂膜44aおよび3層のMgF₂膜44bが交互に積層されてなる。ここで、第1波長選択膜44への光の入射角を48°とする。各TiO₂膜44aの屈折率nは2.7であり、厚みは33nmである。各MgF₂膜44bの屈折率は1.38であり、厚みは65nmである。なお、基板43の屈折率nは1.5であり、厚みは144μmである。

16

【0085】図15に示すように、第1波長選択膜44においては、波長410nmで反射率が約0.9となり、波長650nmで反射率が約0.2となり、波長780nmで反射率が約0.1となっている。したがって、第1波長選択膜44は、波長410nmの光を反射し、波長650nmの光を透過し、波長780nmの光を透過することができる。

【0086】図16は図12および図13の平行平板4における第2波長選択膜42の構成の一例を示す模式的断面図である。また、図17は図16の第2波長選択膜42の反射率の波長依存性を示す図である。

【0087】図16に示すように、第2波長選択膜42は、4層のTiO₂膜42aおよび3層のMgF₂膜42bが交互に積層されてなる。ここで、第2波長選択膜42への光の入射角を30°とする。各TiO₂膜42aの屈折率nは2.7であり、厚みは52nmである。各MgF₂膜42bの屈折率nは1.38であり、厚みは101nmである。なお、基板41の屈折率nは1.5であり、厚みは144μmである。

【0088】図17に示すように、第2波長選択膜42においては、波長650nmで反射率が約0.9となり、波長780nmで反射率が約0.1となっている。したがって、第2波長選択膜42は、波長650nmの光を反射し、波長780nmの光を透過することができる。

【0089】上記第1～第3の実施例の光ディスク装置において、ニアフィールド（近接場）記録再生方式の浮上型光学ヘッドおよび光ディスクを用いてもよい。図18はニアフィールド記録再生方式の浮上型光学ヘッドおよび光ディスクを示す模式図である。

【0090】図18に示すように、ニアフィールド記録再生方式に用いられる光ディスク300においては、基板301の表面側に信号記録膜302が形成されている。また、浮上型光学ヘッド50は対物レンズ51およびSIL（Solid Immersion Lens；ソリッドイマージョンレンズ）52を備える。レーザー光は対物レンズ51により絞り込まれ、SIL52に入射する。

【0091】SIL52は、ガラス等の屈折率の大きな透明物質からなる球の一部を平らに削り取り、研磨したものである。SIL52内に入射したレーザー光の焦点は研磨面と一致しており、研磨面がレーザー光の出射面に相当する。

【0092】SIL52の屈折率をnとし、空気中でのレーザー光の波長をλとすると、SIL52でのレーザー光の波長はλ/nとなる。このため、SIL52の出射面におけるレーザー光のスポット径は、対物レンズ51により集光されたスポット径の1/nとなる。

【0093】SIL52を出射したレーザー光は、空気中に出ると再び元のスポット径に戻る。しかし、SIL52の出射面からの距離がレーザー光の波長の1/4まで

17

(約100nm以下)の範囲、すなわちニアフィールド領域内においては、レーザ光がSIL52内と同じ性質で浸み出す。このように浸み出した光はエバネッセント光と呼ばれる。エバネッセント光のスポット径は、対物レンズ51により集光されたスポット径の $1/n$ と小さい。このようなエバネッセント光を利用すれば、光ディスク300の面記録密度を大きくすることが可能となる。

【0094】図19は図18の浮上型光学ヘッド50に用いられるSILの他の例を示す図である。

【0095】図19(a)のSIL81は、ほぼ半球状の上面および平坦な下面を有し、平坦な下面の中心部に円柱状の凸部82を備える。凸部82の下面の中心とSIL81の球面の頂部との間の距離Rは、球面の半径と同じに設定される。それにより、球面に垂直に入射したレーザ光が凸部82の下面の中心に集光される。このSIL81では、凸部82の下面がレーザ光の出射面となる。

【0096】このSIL81を用いると、凸部82を光学系の光軸に合わせることにより、SIL81の光軸合わせを行うことができるので、浮上型光学ヘッドの組み立ておよび調整が容易になる。

【0097】図19(b)のSIL83は、部分球面状の上面および逆円錐台形状の下面を有する。SIL83の下面の中央部84の中心と球面の頂部との間の距離Rは、球面の半径と同じに設定される。それにより、球面に垂直に入射したレーザ光が下面の中央部84の中心に集光される。このSIL83では、下面の中央部84がレーザ光の出射面となる。

【0098】このSIL83を用いると、下面の中央部84を光学系の光軸に合わせることにより、SIL83の光軸合わせを行うことができるので、浮上型光学ヘッドの組み立ておよび調整が容易になる。

【0099】図19(c)のSIL85は、ほぼ半球状の上面および平坦な下面を有し、平坦な下面の中央部に円柱状の凹部86を有する。凹部86の底面の中心と球面の頂部との間の距離Rは、球面の半径と同じに設定される。それにより、球面に垂直に入射したレーザ光が凹部86の底面の中心に集光される。このSIL85では、凹部86の底面がレーザ光の出射面となる。

【0100】このSIL85を用いると、凹部86を光学系の光軸に合わせることにより、SIL85の光軸合わせを行うことができるので、浮上型光学ヘッドの組み立ておよび調整が容易になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例における光ディスク装置の概略構成を示す模式図である。

【図2】図1の光ディスク装置における主として平行平板の構成を示す模式図である。

【図3】図1および図2の平行平板における第1波長選

18

択膜の構成の一例を示す模式的断面図である。

【図4】図3の第1波長選択膜の反射率の波長依存性を示す図である。

【図5】波長780nmのレーザ光が平行平板を透過するために発生する波面収差のシミュレーション結果を示す図である。

【図6】本発明の第2の実施例における光ディスク装置の概略構成を示す模式図である。

【図7】図6の光ディスク装置における主として平行平板の構成を示す模式図である。

【図8】図6および図7の平行平板における第1波長選択膜の構成の一例を示す模式的断面図である。

【図9】図8の第1波長選択膜の反射率の波長依存性を示す図である。

【図10】図6および図7の平行平板における第2波長選択膜の構成の一例を示す模式的断面図である。

【図11】図10の第2波長選択膜の反射率の波長依存性を示す図である。

【図12】本発明の第3の実施例における光ディスク装置の概略構成を示す模式図である。

【図13】図12の光ディスク装置における主として平行平板の構成を示す模式図である。

【図14】図12および図13の平行平板における第1波長選択膜の構成の一例を示す模式的断面図である。

【図15】図14の第1波長選択膜の反射率の波長依存性を示す図である。

【図16】図12および図13の平行平板における第2波長選択膜の構成の一例を示す模式的断面図である。

【図17】図16の第2波長選択膜の反射率の波長依存性を示す図である。

【図18】ニアフィールド記録再生方式の浮上型光学ヘッドを示す模式図である。

【図19】浮上型光学ヘッドに用いられるSILの他の例を示す図である。

【図20】従来の光ディスク装置の概略構成を示す模式図である。

【図21】図20の光ディスク装置における半導体レーザ素子を示す図である。

【図22】図20の光ディスク装置におけるウォラストンプリズムおよび光検出器を示す図である。

【符号の説明】

1, 1a 半導体レーザ素子

2, 3, 4 平行平板

5 ビームスプリッタ

6 コリメータレンズ

7, 51 対物レンズ

8 光検出器

11, 12, 13 レーザダイオードチップ

21, 23, 31, 33, 41, 43 基板

24, 34, 44 第1波長選択膜

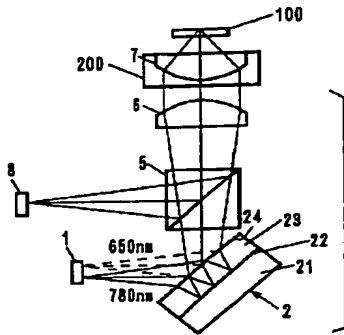
19

2 2, 3 2, 4 2 第2波長選択膜
 4 5 第3波長選択膜
 5 0 浮上型光学ヘッド

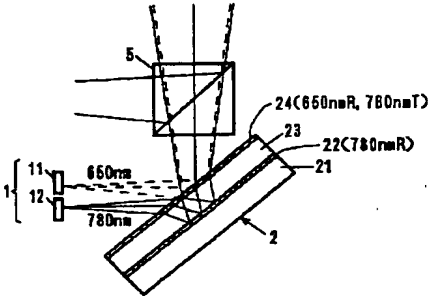
20

* 5 2, 8 1, 8 3, 8 5 SIL
 1 0 1, 1 0 2, 1 0 3 光ピックアップ装置
 * 2 0 0 光学ヘッド

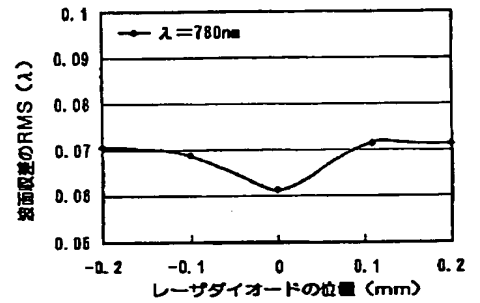
【図1】



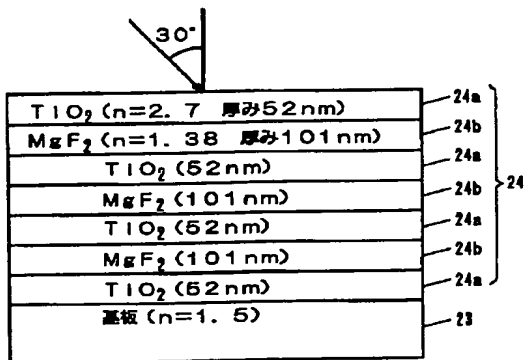
【図2】



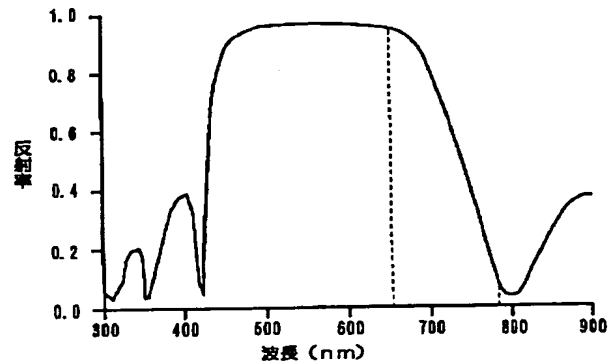
【図5】



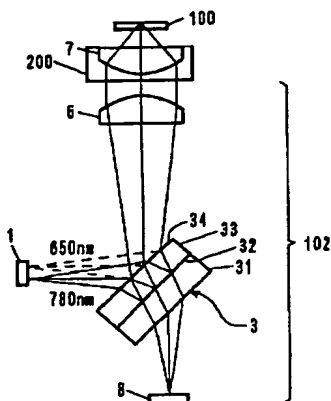
【図3】



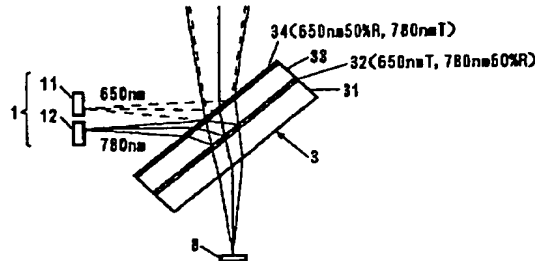
【図4】



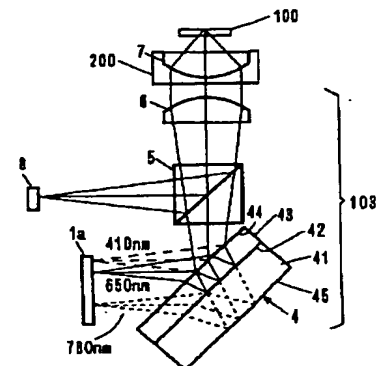
【図6】



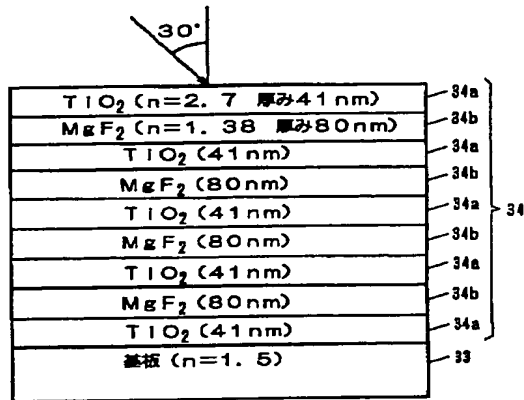
【図7】



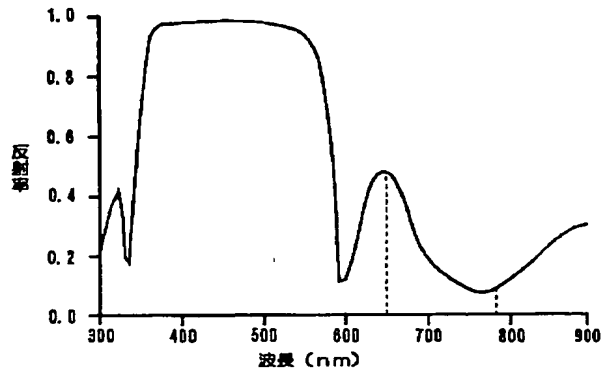
【図12】



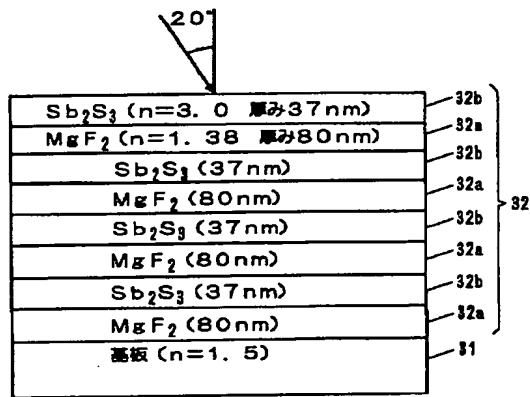
【図8】



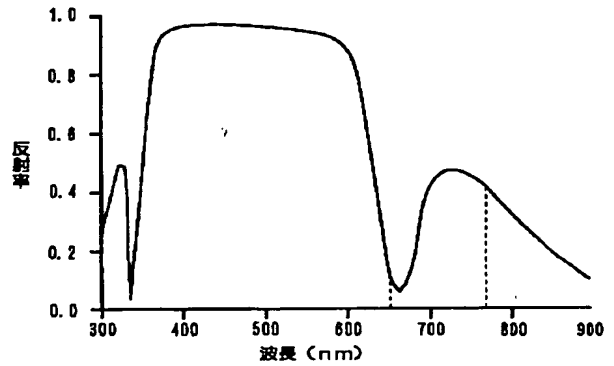
【図9】



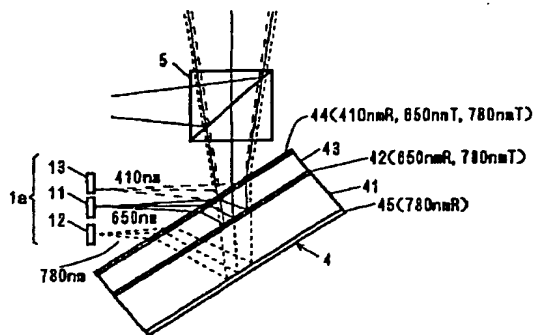
【図10】



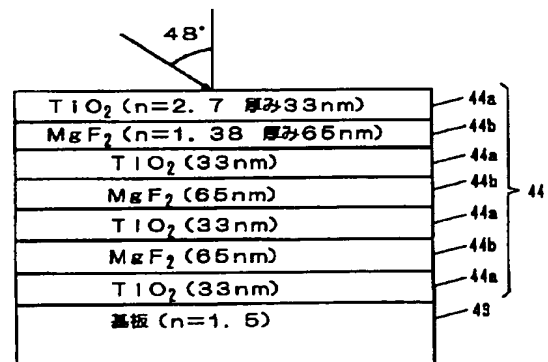
【図11】



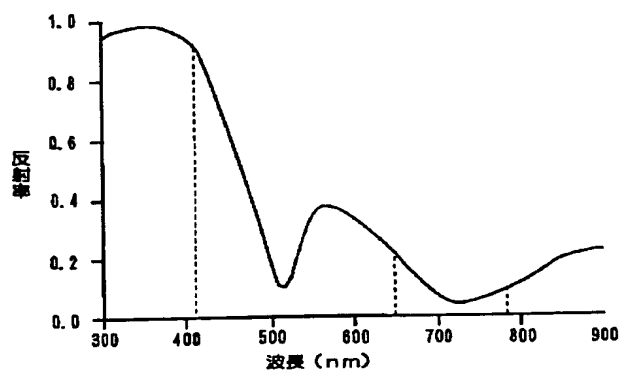
【図13】



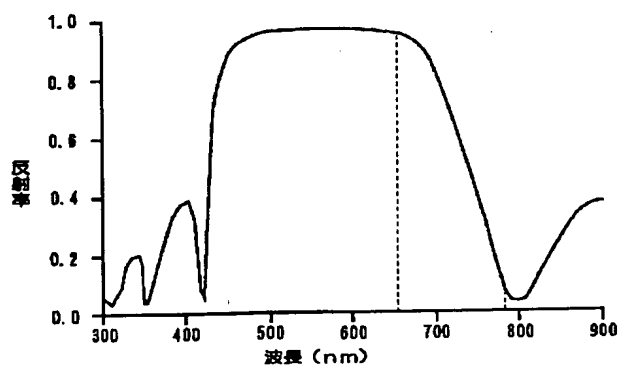
【図14】



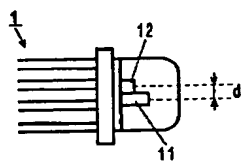
【図15】



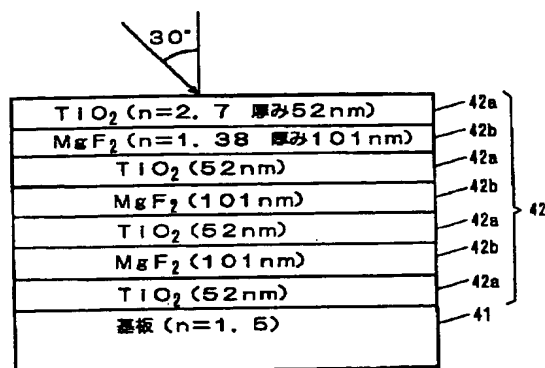
【図17】



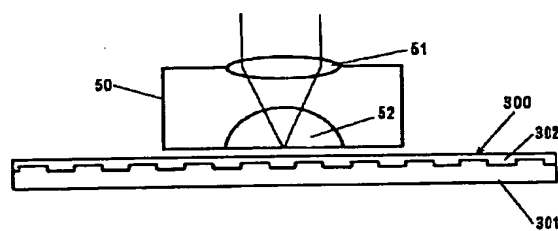
【図21】



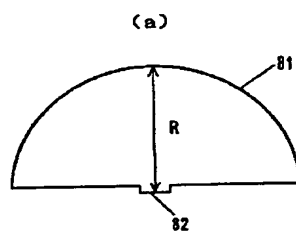
【図16】



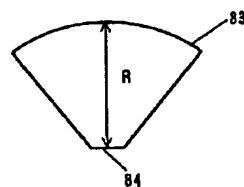
【図18】



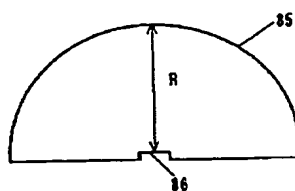
【図19】



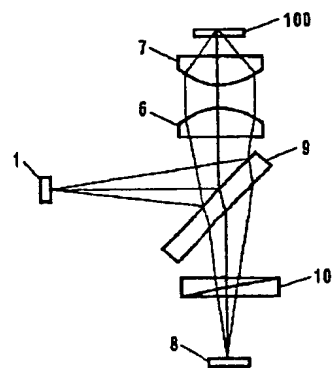
(b)



(c)



【図20】



【図2.2】

